

**MEHATRONIČKI SISTEMI KOD MOTORA I VOZILA**

**SENZORI POLOŽAJA RADILICE I  
BREGASTE OSOVINE**

**Spring 2018**

**by**

**Slobodan Lubura**

# SENZORI POLOŽAJA RADILICE MOTORA

- Važno veličina za elektronsku kontrolu rada motora je ugaona pozicija radilice motora u odnosu na referentnu poziciju.
- Ugaona pozicija radilice motora se često naziva ugaoni položaj motora ili jednostavno položaj motora
- Poželjno je da se ovo mjerenje vrši bez ikakvog mehaničkog kontakta sa radilicom
- Za bezkontaktno mjerenje ugaonog položaja u opštem slučaju koriste se magnetni i optički senzori
- U automobilskoj industriji preferira se primjena magnetnih senzora, jer su otporni na ulja, prljavština ili drugi nepoželjne primjese

# SENZORI POLOŽAJA RADILICE MOTORA

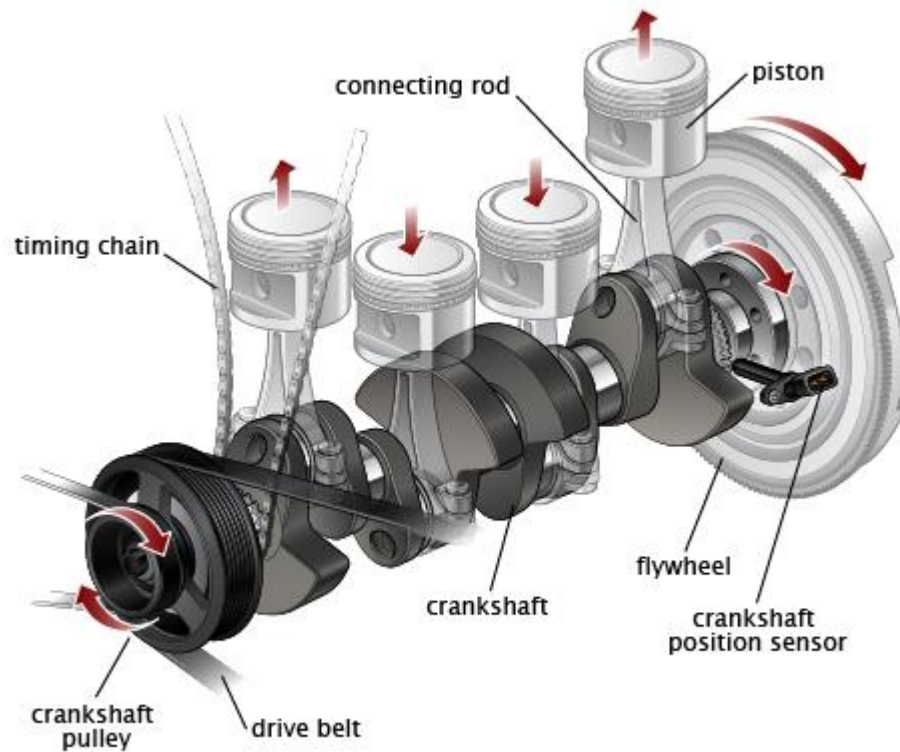
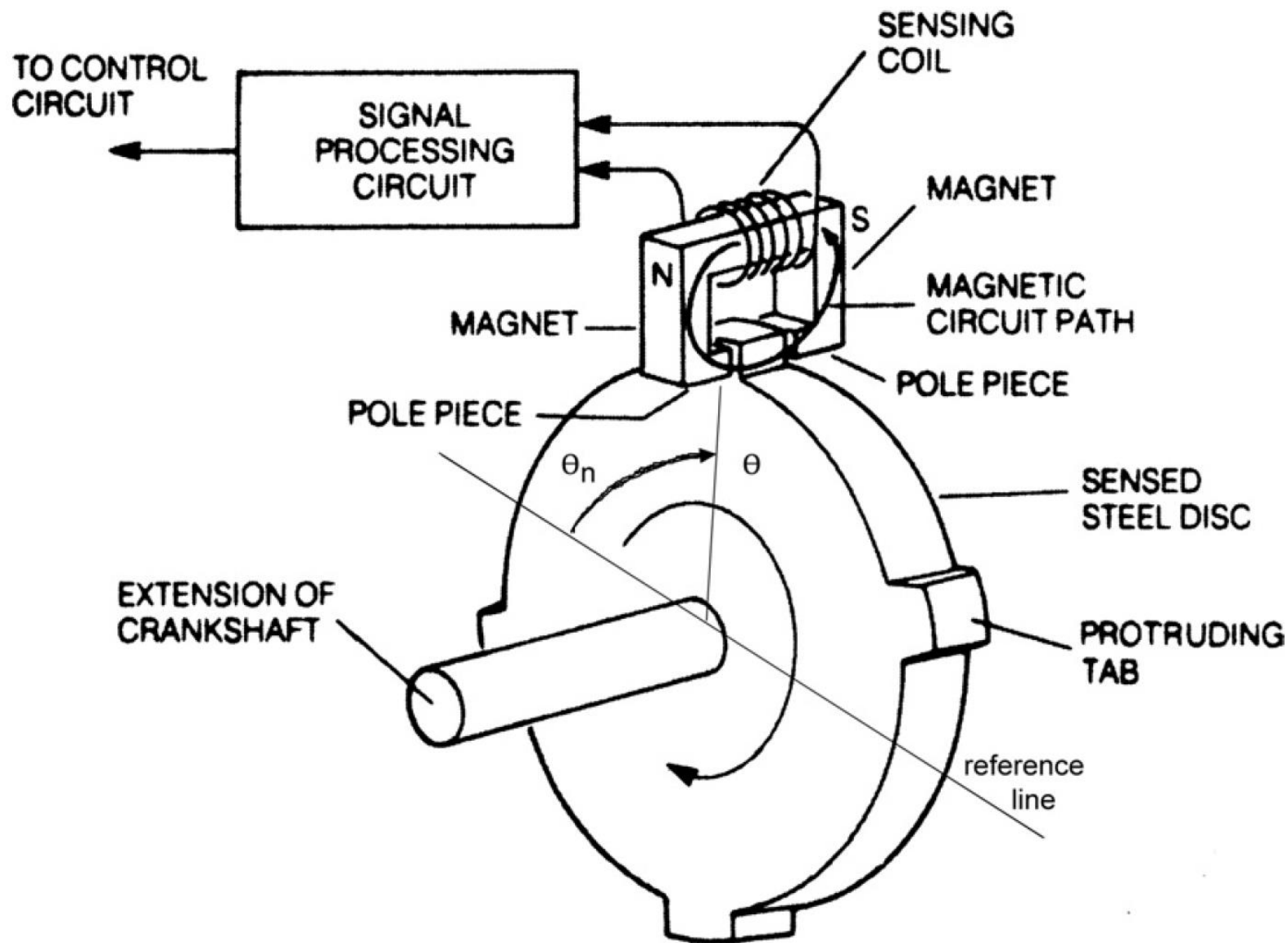


Image courtesy of ClearMechanic.com

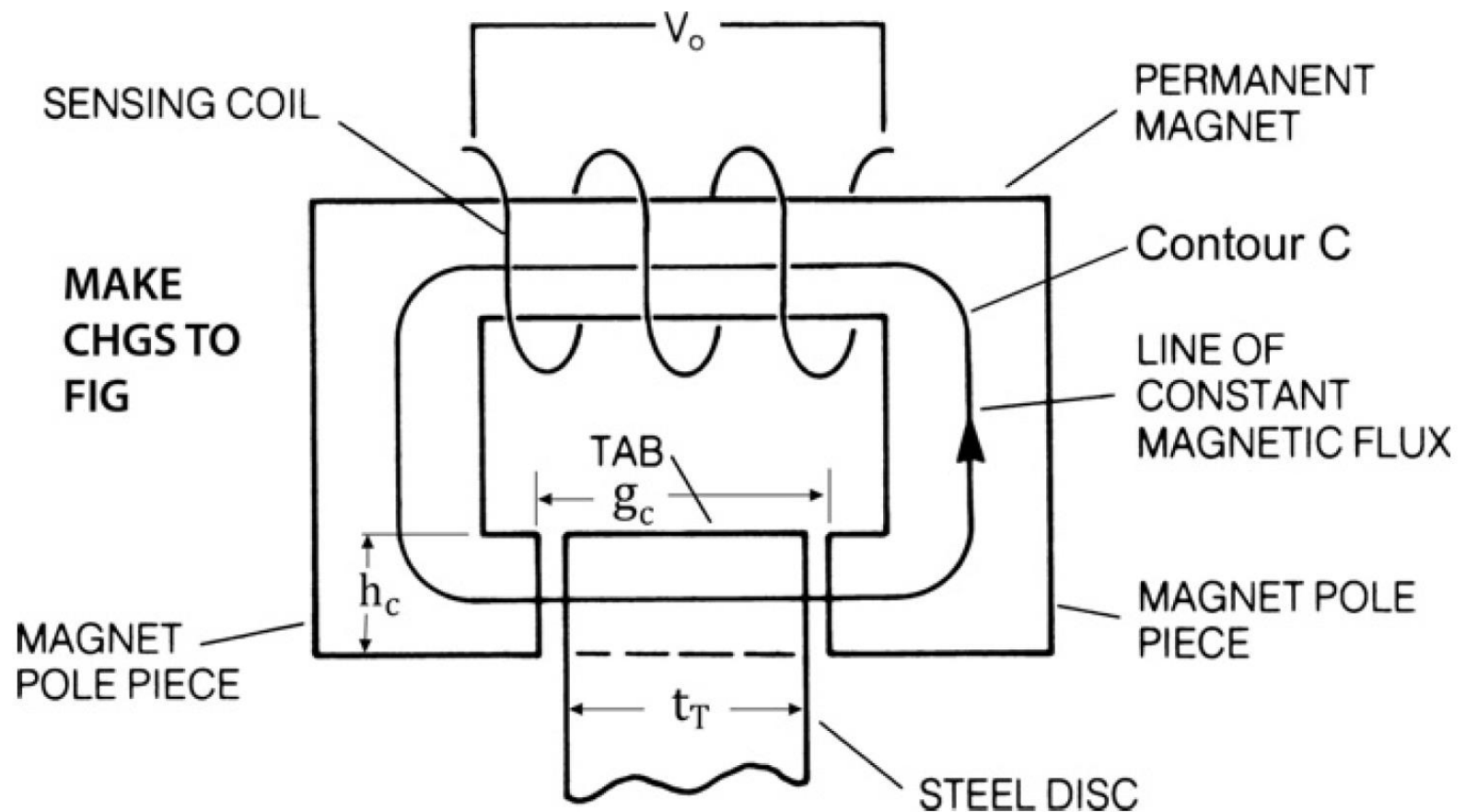


# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA



# PRINCIP RADA RELUKTANTNOG SENSORA POLOŽAJA

- Rad elektromagnetnih senzora zasniva se na zavisnosti induktivnosti kalema od promjene otpora elektromagnetnog kola ili na elektromagnetnoj indukciji.



# PRINCIP RADA RELUKTANTNOG SENSORA POLOŽAJA

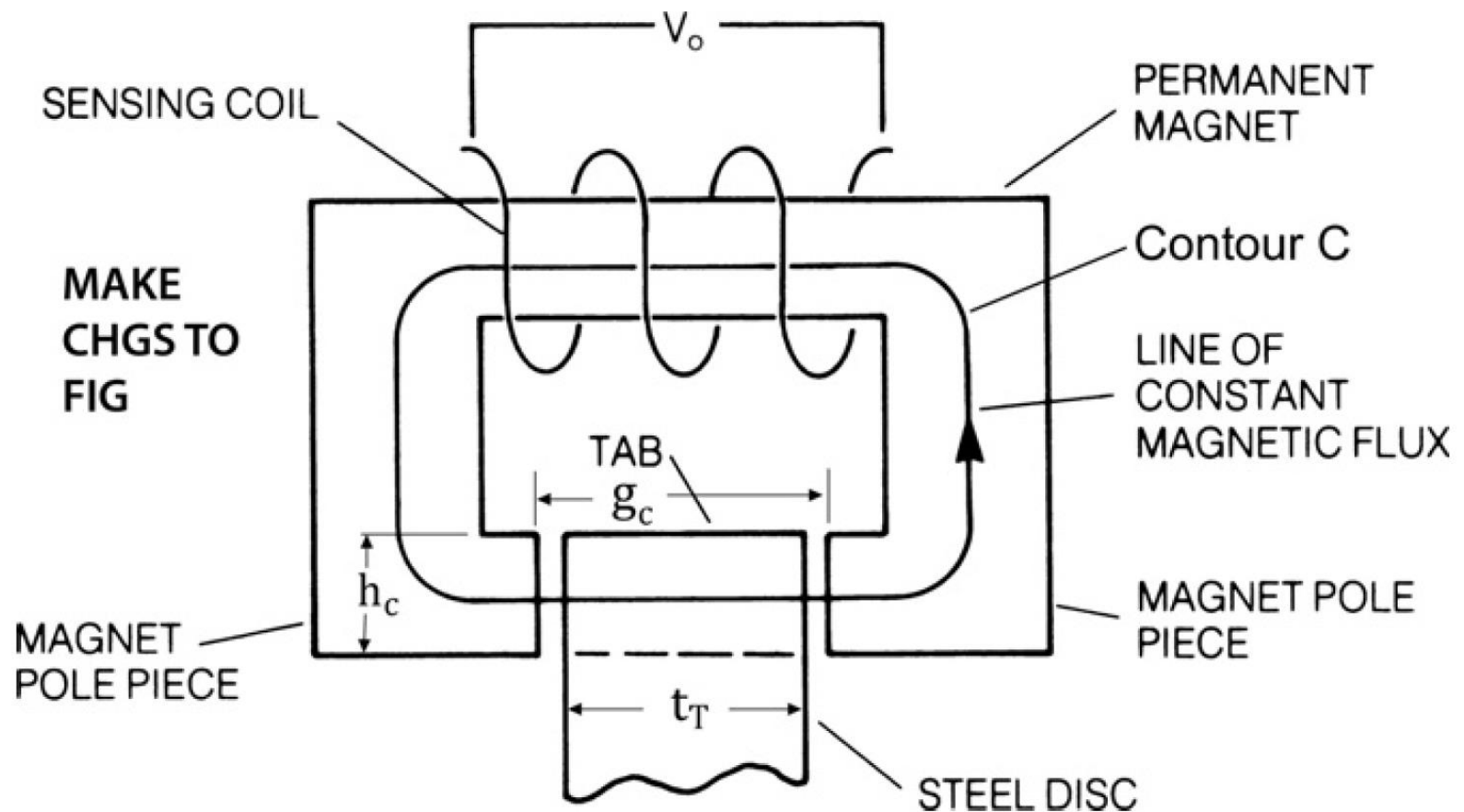
- Vrijednost magnetne indukcije  $B_g$  u zračnom zazoru inverzno zavisi od dužine zračnog zazora  $g_a$

$$\begin{aligned} B_g &= \mu_o H_g \\ &= \mu_o \frac{M_r L_m}{g_a} \end{aligned}$$

- $M_r$  – remanentni magnetizam magnetnog kola
- $L_m$  – srednja dužina magnetnog kola u magnetnom materijalu
- $g_a$  – dužina zračnog zazora
- $\mu_0$  – magnetna permeabilnost vazduha

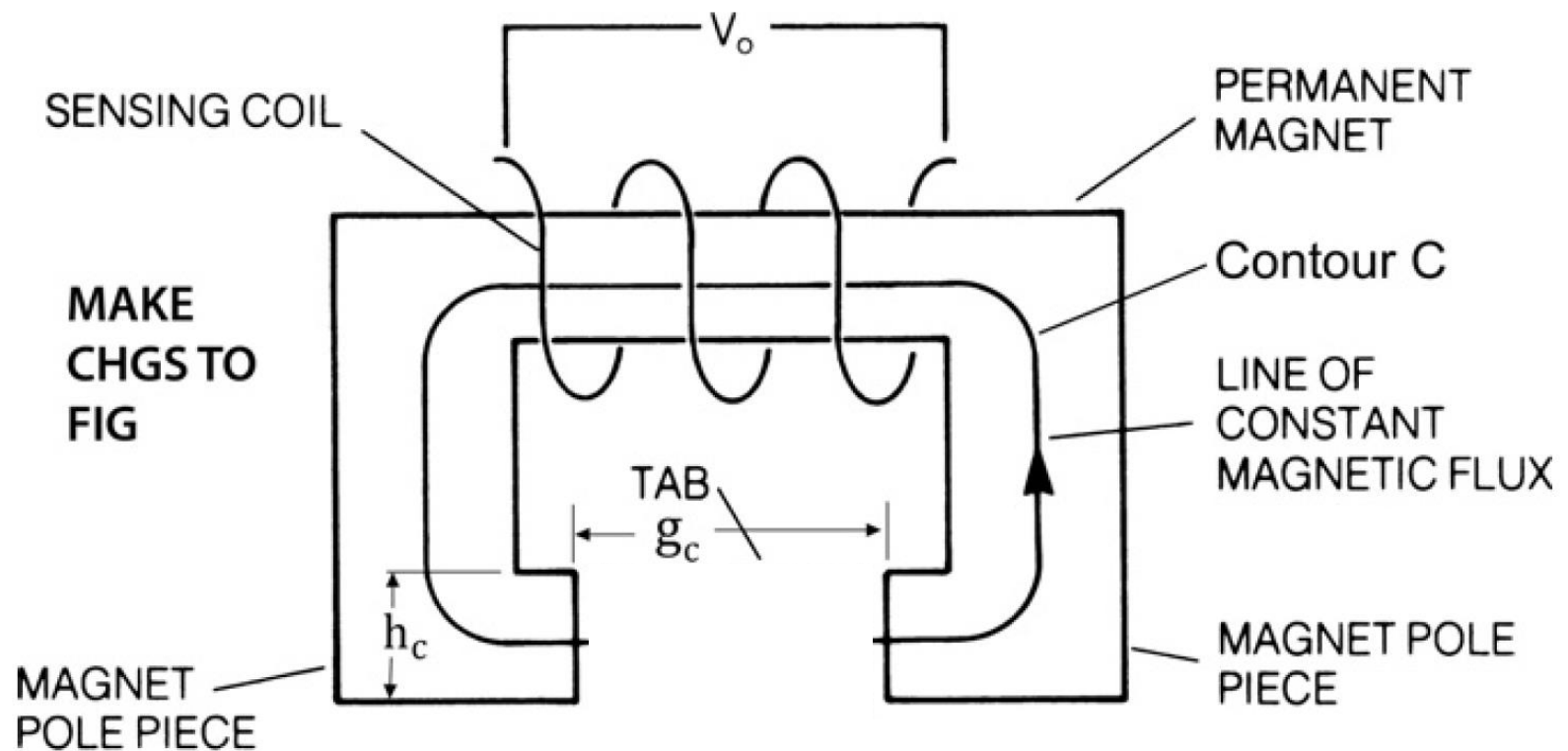
# PRINCIP RADA RELUKTANTNOG SENSORA POLOŽAJA

- Kada se zub rotirajućeg diska nalazi u magnetnom kolu zračni zazor je smanjen  $g_a = g_c - t_T$  pa magnetna indukcija  $B_g$  u zračnom zazoru ima najveću vrijednost



# PRINCIP RADA RELUKTANTNOG SENSORA POLOŽAJA

- Ako se zub rotirajućeg diska ne nalazi u magnetnom kolu zračni zazor je maksimalan  $g_a = g_c$  pa magnetna indukcija  $B_g$  u zračnom zazoru ima najmanju vrijednost





# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA

- Napon na krajevima zavojnice prema Faradejevom zakonu elektromagnetne indukcije jednak je:

$$V_0 = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

- $\Phi$  – magnetni fluks kroz površinu zračnog zazora  $A_c$  je:  $\Phi = \int_{A_c} B_g ds$
- Zamjenom dobija se:

$$\Phi = \frac{\mu_0 M_r L_m A_c}{g_a}$$

# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA

- Ako se zub rotirajućeg diska ne nalazi u magnetnom kolu zračni zazor je maksimalan  $g_a = g_c$  pa magnetni fluks  $\Phi$  u zračnom zazoru ima najmanju vrijednost

$$\Phi = \frac{\mu_0 M_r L_m A_c}{g_a}$$

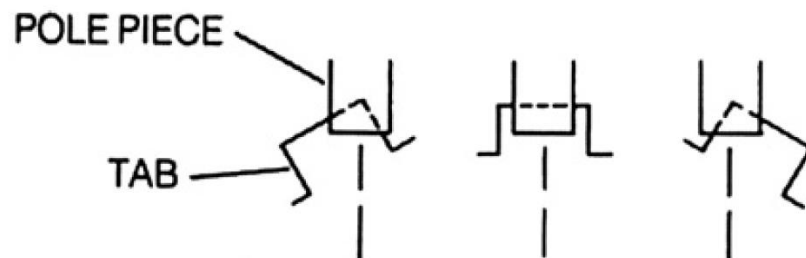
- Kada se zub rotirajućeg diska nalazi u magnetnom kolu zračni zazor je smanjen  $g_a = g_c - t_T$  pa magnetni fluks  $\Phi$  u zračnom zazoru ima najveću vrijednost

$$\Phi = \frac{\mu_0 M_r L_m A_c}{g_c - t_T}$$

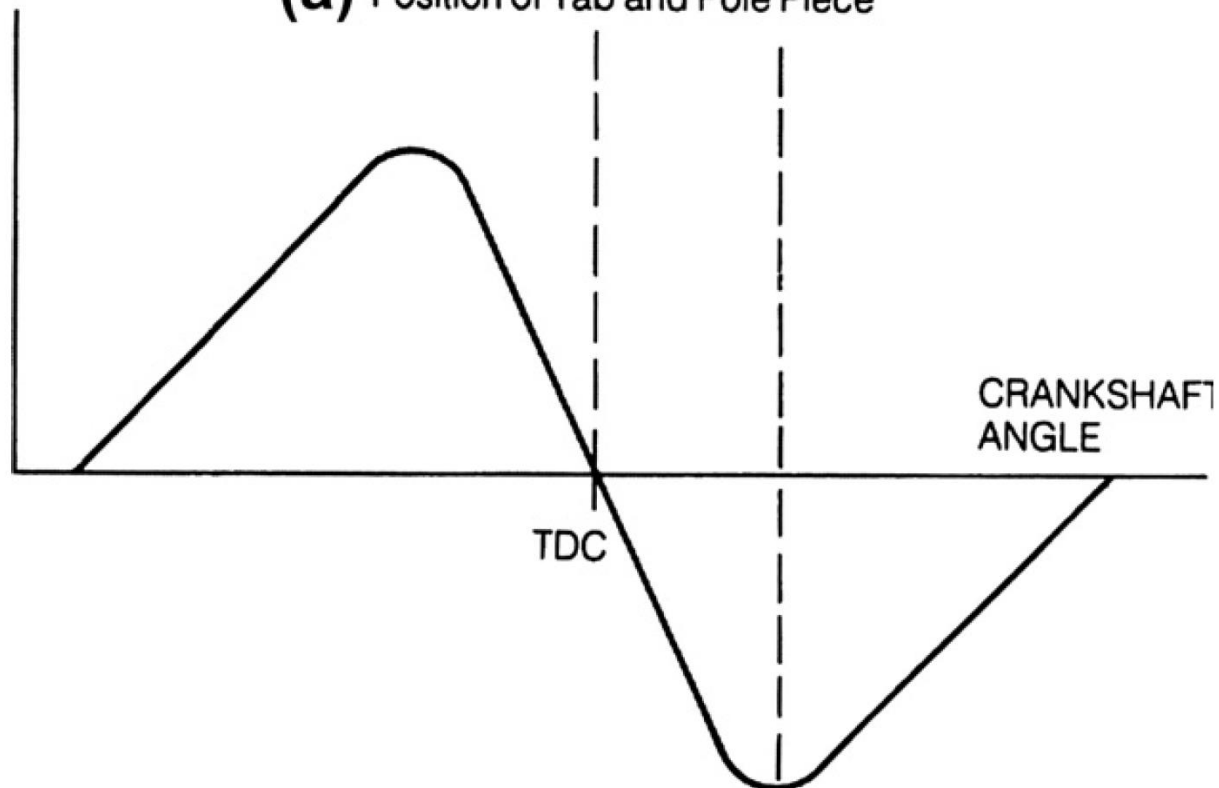
# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA

- Napona na izlazu senzora prema Faradejevom zakonu elektromagnetne indukcije proporcionalan je brzini promjene fluksa
- Ima maksimalnu i minimalnu vrijednost a prolazi kroz nulu u trenutku kada je zub diska poravnat sa polovima magneta
- Upravo ovaj prolazak napona na izlazu senzora kroz nulu može se uzeti kao referentna tačka u odnosu na koju se određuje položaj radilice ili bregaste osovine

# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA



**(a)** Position of Tab and Pole Piece



**(b)** Output Voltage

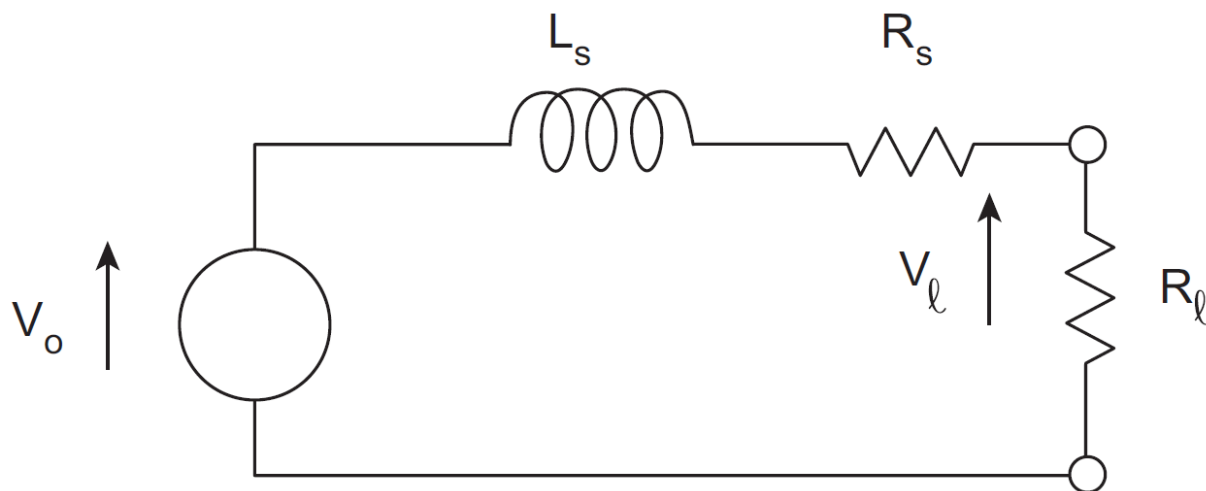
# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA

- U teoriji elektromagnetizma odnos  $\Phi / M_r$  označava magnetnu otpornost ili reluktansu magnetnog kola

$$\mathfrak{R} = \frac{\mu_0 L_m A_c}{g_a}$$

- Pošto se vazdušni zazor mijenja sa položajem zuba rotirajućeg diska ovi se senzori još nazivaju reluktantni senzori položaja
- Osnovni nedostatak ovih senzora je taj da izlazni napon postoji samo dok disk rotira
- Položaj radilice ili bregaste osovine u stanju mirovanja pomoću ovog senzora nije moguće odrediti
- Drugi nedostatak ovog senzora je zavisnost prolaska napona kroz nulu od impedanse senzora

# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA



- $L_s$  - induktivnost namotaja
- $R_s$  – otpornost namotaja
- $R_l$  – ulazana otpornost kola za obradu signala na koje se senzor priključuje

# MAGNETNI RELUKTANTNI SENSOR POLOŽAJA

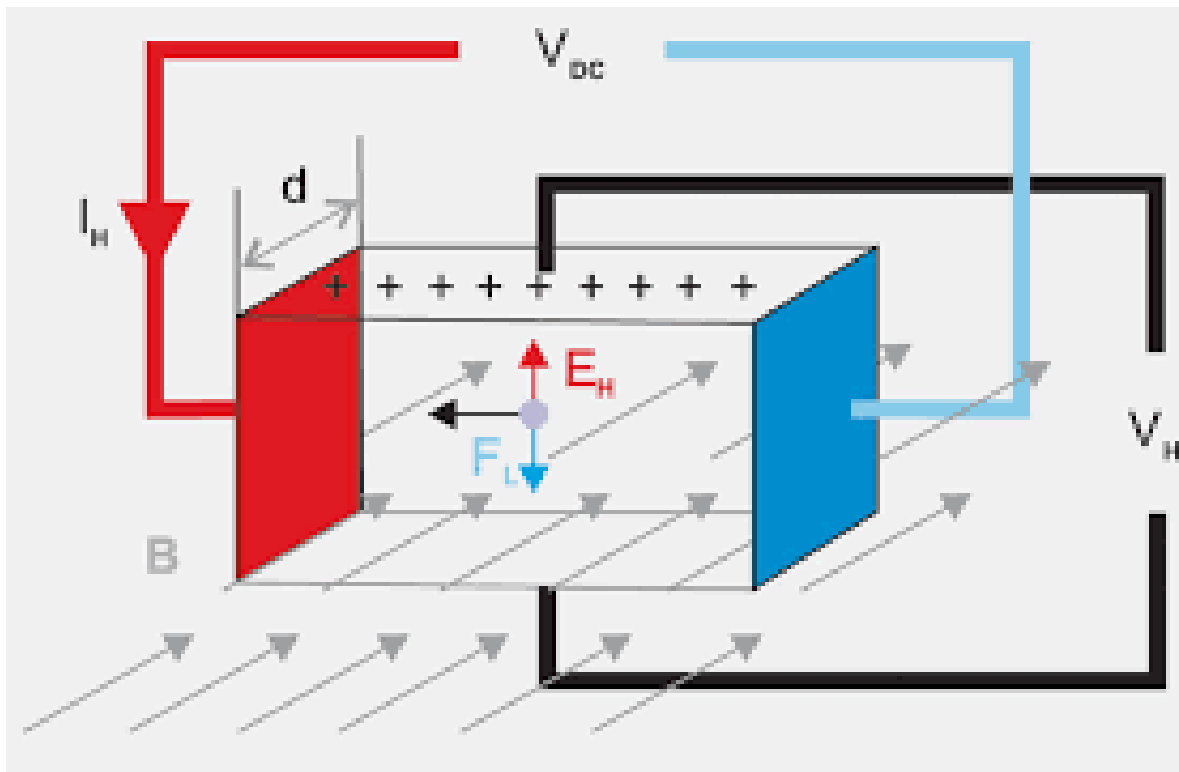
- Tačka prolaska napona senzora kroz nulu zavisi od brzine obrtanja motora (RPM)
- Može se pokazati da su varijacije položaja tačke prolaska napona senzora kroz nulu povezane se faznim uglom RL kola kojim se modelira reluktantni senzor

$$\phi = \frac{\omega L_s}{R_s + R_l}$$

- Kompenzacija ovih varijacija je važna kod sistema za precizno dopremanje goriva i iniciranje trenutka paljenje smješe

# SENSORI POLOŽAJA NA BAZI HOLOVOG EFEKTA

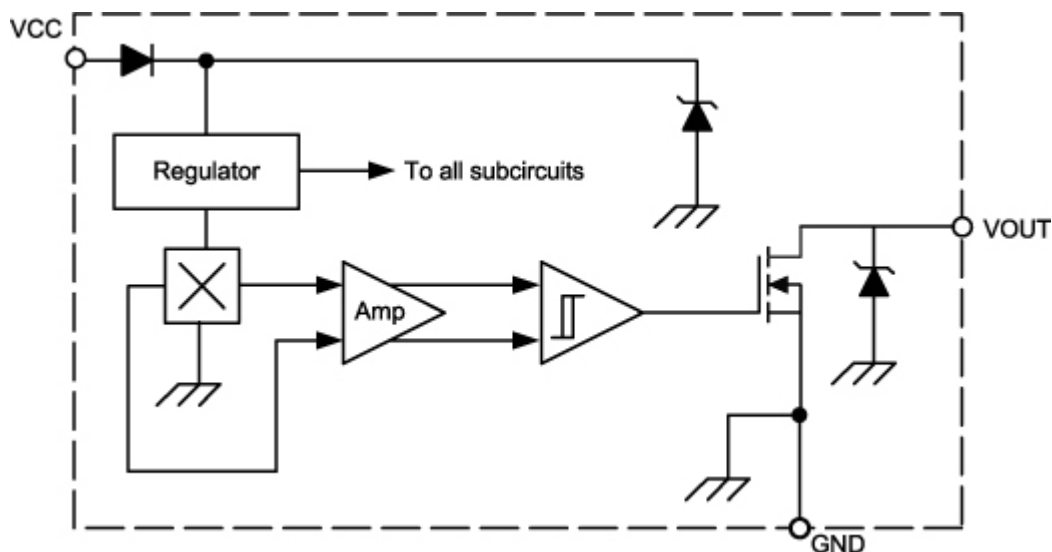
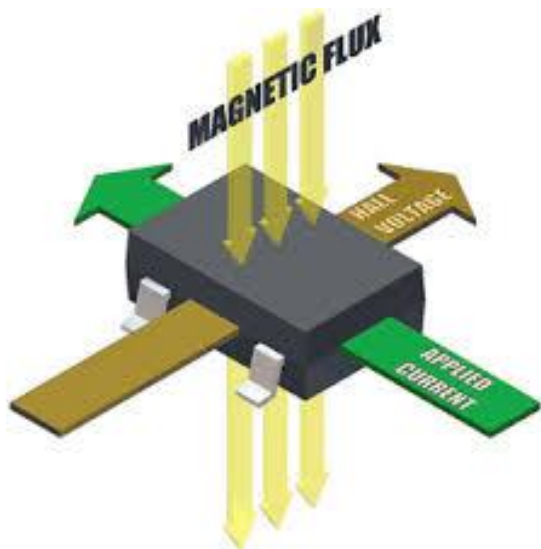
- Ovaj efekat je otkrio dr. Edwin Holl 1879. godine
- Holov efekat je pojava da na suprotnim krajevima metalne ploče kroz koji protiče struja, a koja se istovremeno nalazi u vanjskom magnetnom polju dolazi do pojave napona čiji je pravac upravan na pravac magnetnog polja





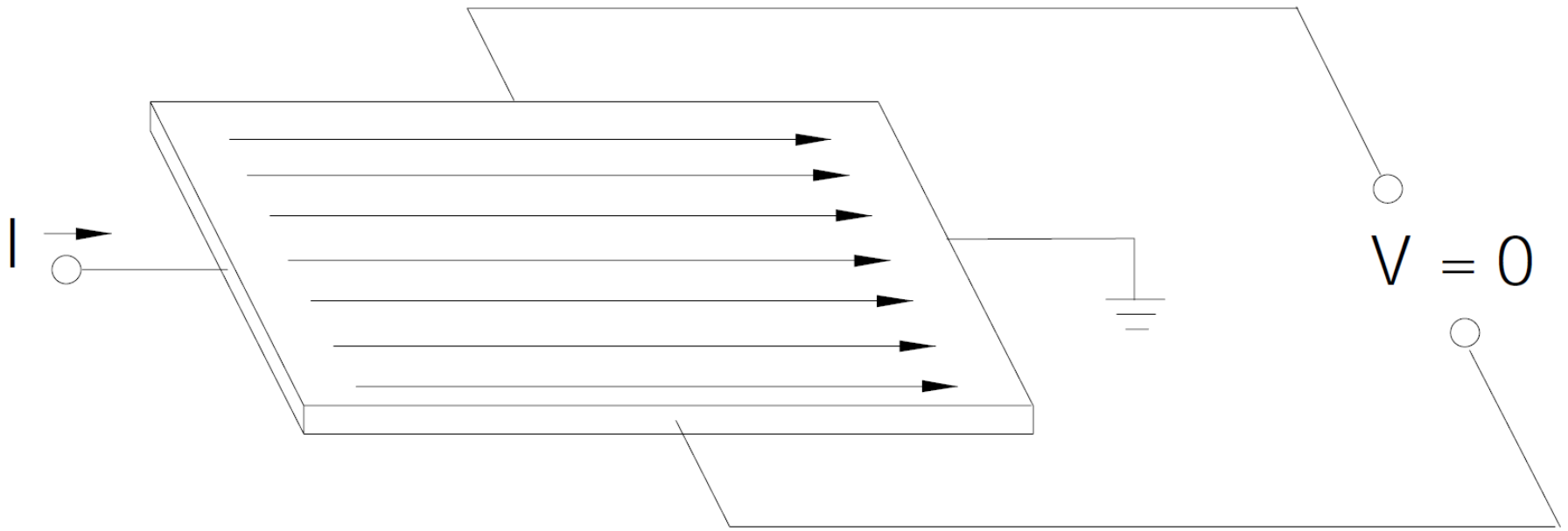
# SENSORI POLOŽAJA NA BAZI HOLOVOG EFEKTA

- Holov efektat nije imao širu primjenu više od 70 godina sve do pojave poluprovodnika 1950.
- 1965. dva inženjera, Everett Vorthmann i Joe Maupin napravili su *MICRO SWITCH Sensing and Control* senzor na bazi Holovog efekta
- Ovaj senzor je bio napravljen od poluprovodnika pa se mogao upotpunosti integrisati u čip što je doprinijelo pojeftinjenju senzora i široj primjeni Holovog efekta



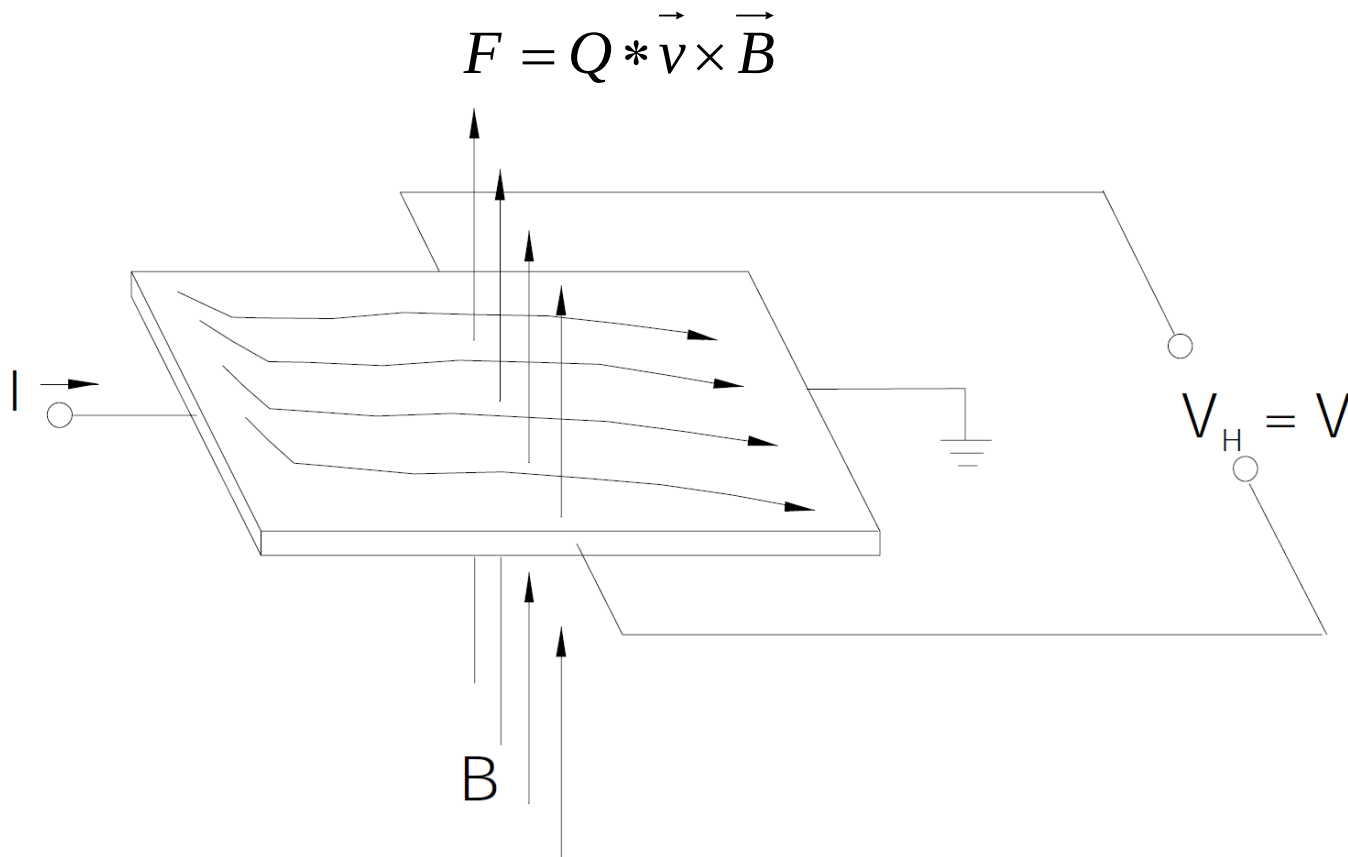
# PRINCIP RADA HOLOVOG SENZORA

- Kada nema vanjskog magnetskog polja raspodjela naelektrisanja u pločici od poluprovodnika je uniformna i na izlazu nema potencijalne razlike tj. Holovog napona



# PRINCIP RADA HOLOVOG SENZORA

- Kada se poluprovodnik unese u vanjsko magnetno polje, magnetne indukcije  $B$  (linije polja normalne na pravac struje), tada na slobodne nosioce naelektrisanja, koji se kreću unutar poluprovodnika, počinje da djeluje Lorencova sila:



# PRINCIP RADA HOLOVOG SENZORA

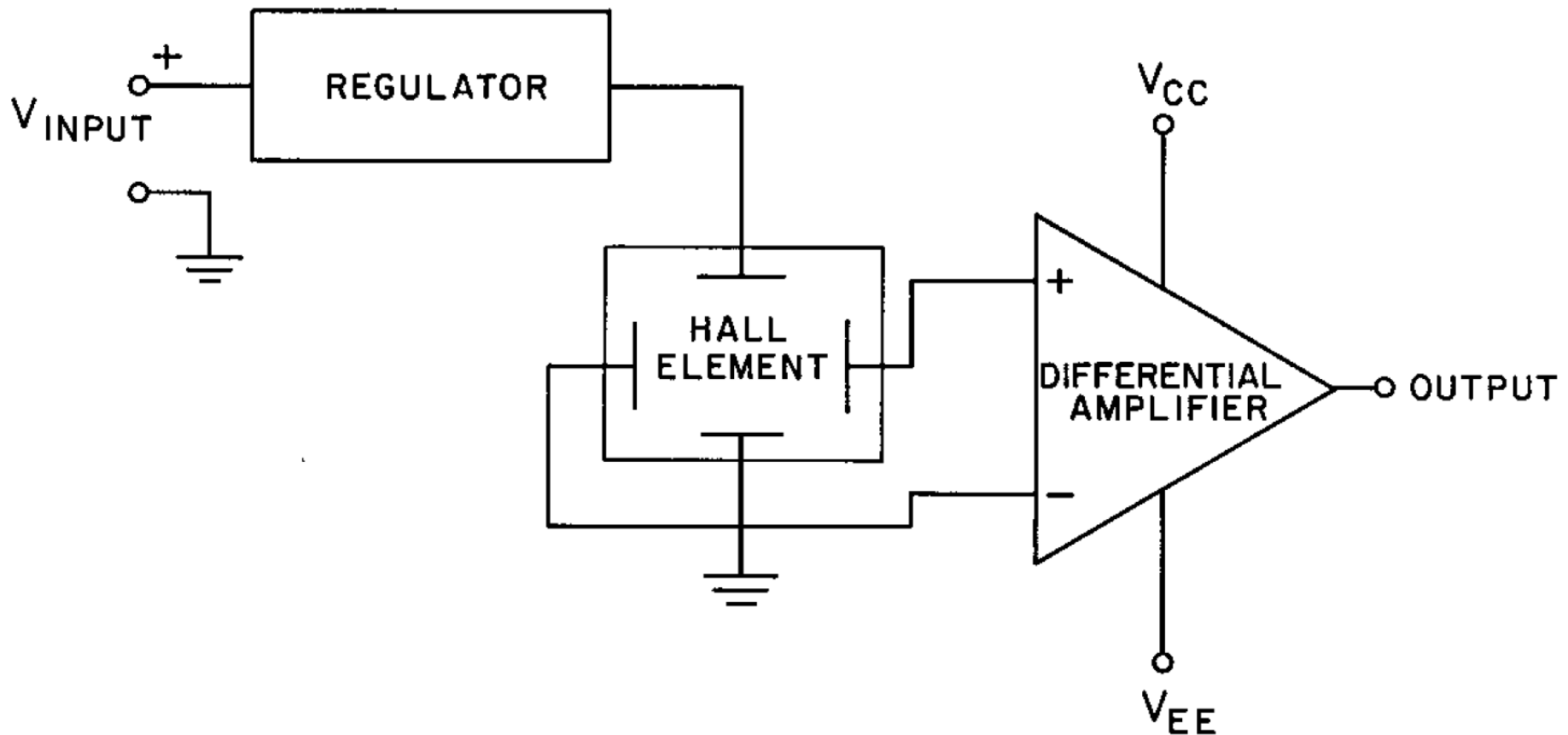
- Lorencova sila razdvaja naelektrisanja na suprotne strane poluprovodničke ploče, odnosno dolazi do pojave Holovog napona koji je jednak:

$$V_H = \vec{I} \times \vec{B}$$

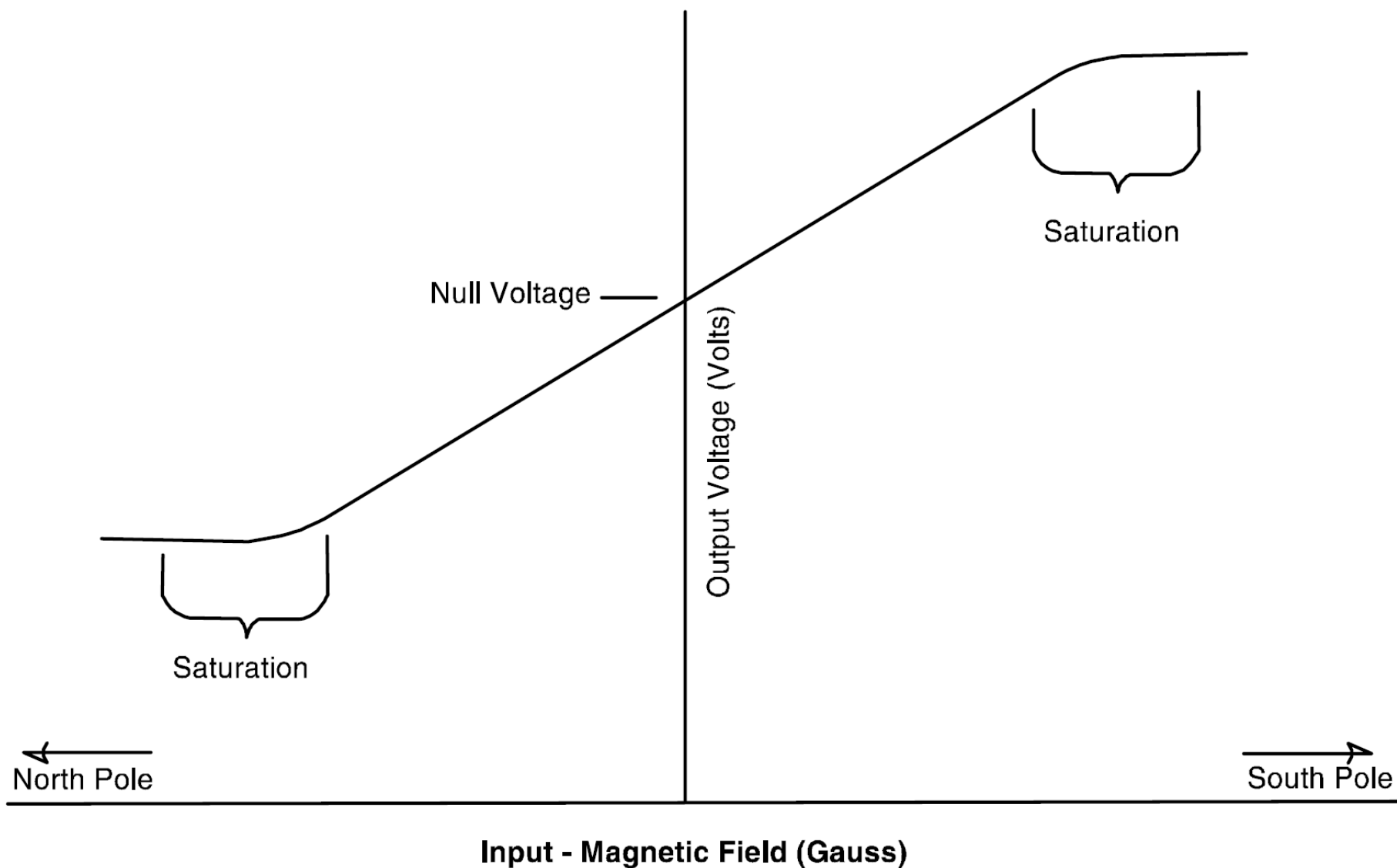
- $I$  – jačina struje kroz poluprovodničku pločicu
- $B$  – jačina magnetne indukcije vanjskog magnetnog polja

# BLOK ŠEMA SENZORA MAGNETNOG POLJA

- Holov element je u osnovi senzor magnetnog polja.
- Na izlazu senzora dobija se napon koji je ppporpcionalan jačini magnetnog polja

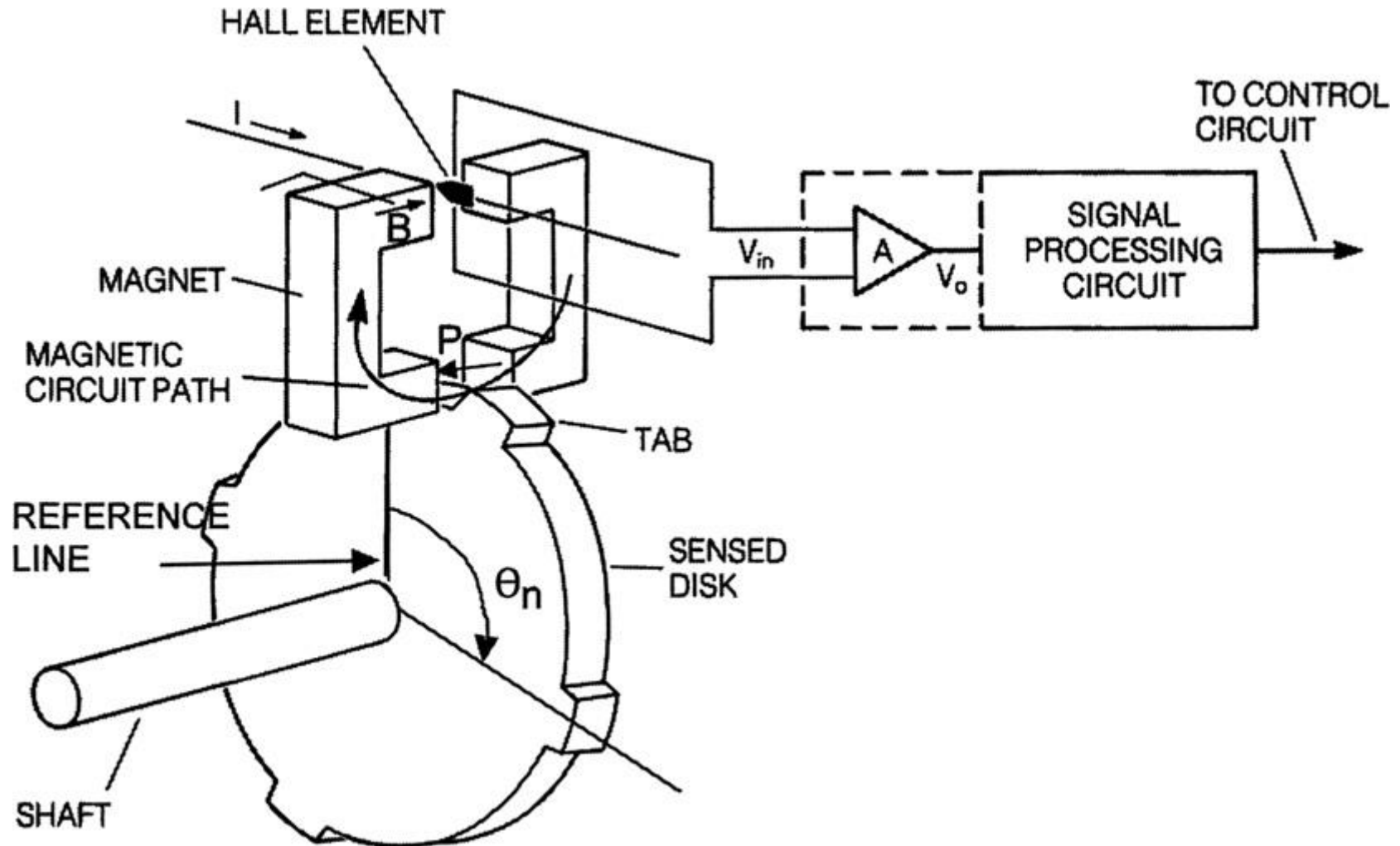


# IZLAZNA KARAKTERISTIKA SENZORA MAGNETNOG POLJA



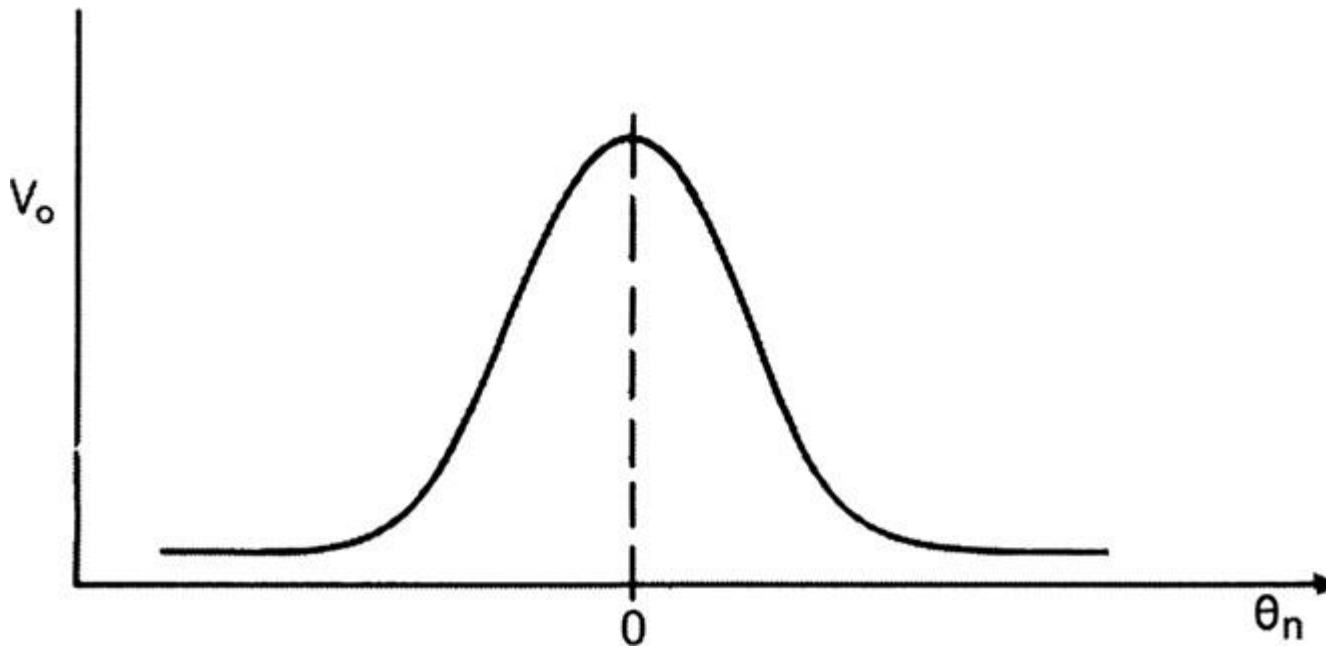
# SENZOR POLOŽAJA NA BAZI HOLOVOG ELEMENTA

- Koristi se za mjerenje ugaonog položaja  $\theta$  u odnosu na referentnu tačku



# SENZOR POLOŽAJA NA BAZI HOLOVOG ELEMENTA

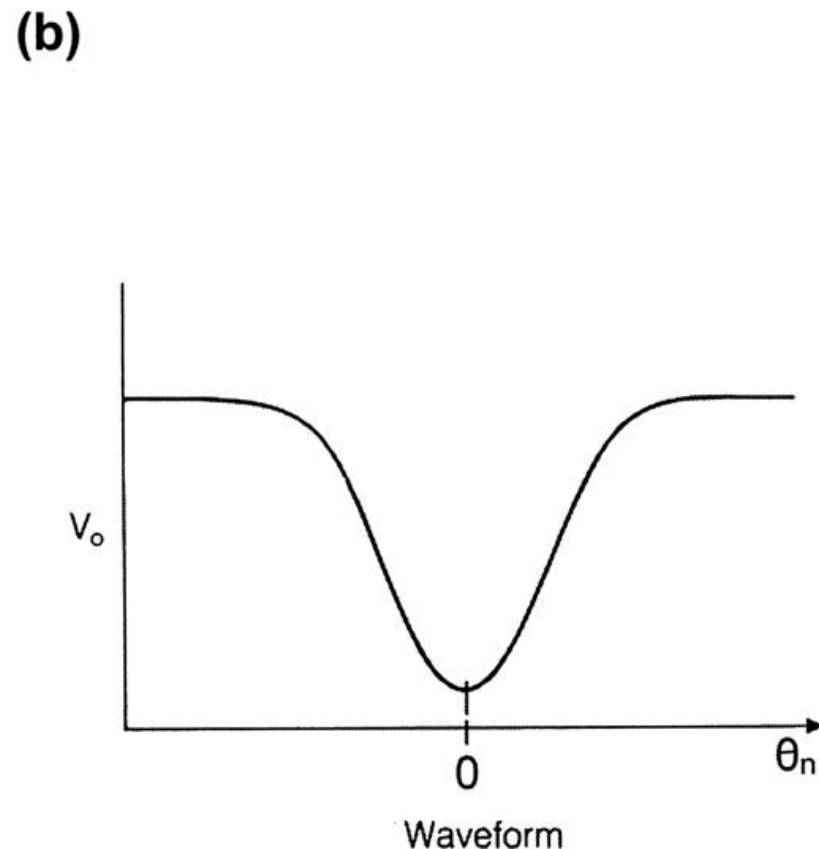
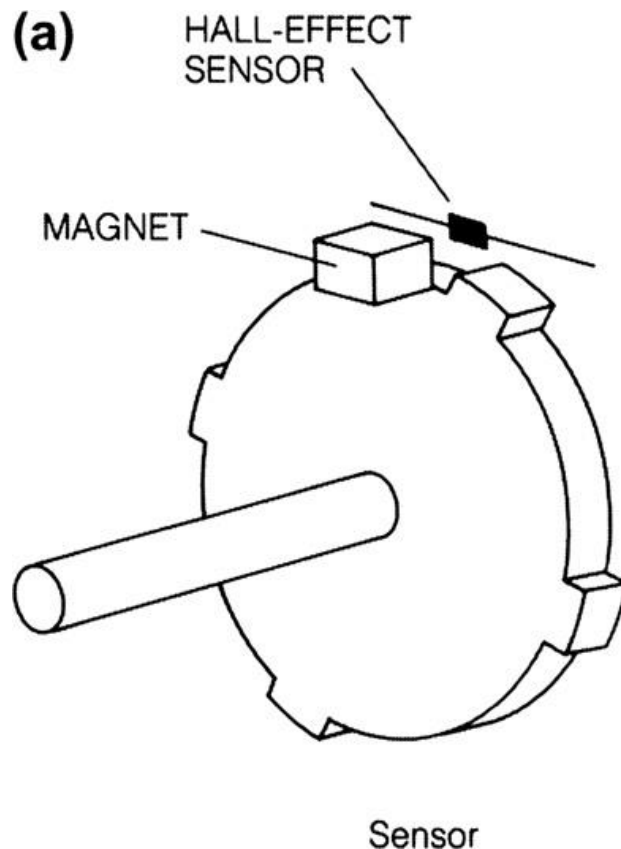
- Kad zub diska promijeni širinu zračnog zazora u magnetnom kolu, promjeni se i jačina magnetnog polja što se detektuje Holovim elementom.
- Izlazni signal ovog senzora je u obliku naponskog impulsa





# SENZOR POLOŽAJA NA BAZI HOLOVOG ELEMENTA

- Holov element je izložen uticaju magnetnog polja, sve dok zub diska ne napravi prepreku između magneta i Holovog elementa
- Mala reluktansa zuba diska predstavlja odličan put za magnetni fluks tako da on ne dolazi do Holovog elementa, pa je napon na izlazu nula.



# SENZORI POLOŽAJA NA BAZI HOLOVOG ELEMENTA

